

# METHOD AND APPARATUS FOR PROJECTION EXPOSURE

**Publication number:** JP6140306 (A)

**Publication date:** 1994-05-20

**Inventor(s):** SUZUKI KAZUAKI +

**Applicant(s):** NIPPON KOGAKU KK +

**Classification:**


- international: **G03F7/20; G03F9/00; H01L21/027; H01L21/30; G03F7/20; G03F9/00; H01L21/02; (IPC1-7): G03F7/20; G03F9/00; H01L21/027**

- European:

**Application number:** JP19920291187 19921029

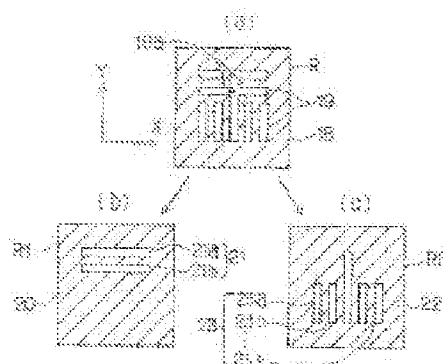
**Priority number(s):** JP19920291187 19921029

**Also published as:**

 JP3322274 (B2)

## Abstract of JP 6140306 (A)

**PURPOSE:** To improve the resolution taking a polarization of illumination light into account.  
**CONSTITUTION:** A slit pattern 19 on a reticle R to be transferred is decomposed into a slit pattern 21 on a reticle R1 and that 23 on a reticle R2, according to the direction of the spatial frequency components. Illumination light to illuminate the slit patterns 21 and 23 is polarized in the direction (X and Y directions) perpendicular to that in which there are spatial frequency components. The images of the slit pattern 21 and 23 are sequentially transferred onto a photosensitive substrate under the polarized light.



-----  
 Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 3 F 7/20	5 2 1	9122-2H		
9/00		9122-2H		
		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	3 1 1 M
		7352-4M		3 1 1 W
審査請求 未請求 請求項の数 3 (全 7 頁)				

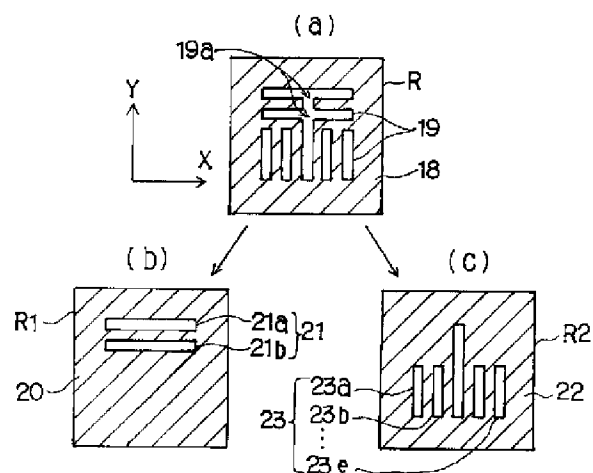
(21)出願番号	特願平4-291187	(71)出願人	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号
(22)出願日	平成 4 年(1992)10月29日	(72)発明者	鈴木 一明 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株 式会社ニコン内
		(74)代理人	弁理士 大森 聡

(54)【発明の名称】 投影露光方法及び投影露光装置

(57)【要約】

【目的】 照明光の偏光状態を考慮した場合に、より解像度を高める。

【構成】 レチクルR上の転写用の開口パターン19を空間周波数成分の方向に応じて、レチクルR1上の開口パターン21とレチクルR2上の開口パターン23とに分解する。開口パターン21、23のそれぞれを照明する照明光を空間周波数成分が存在する方向に垂直な方向(X方向及びY方向)に偏光させ、この偏光状態の照明光のもとで開口パターン21、23の像を順次感光基板上に露光する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 転写用のパターンが形成されたマスクを照明光で照明し、該照明光のもとで前記マスクの転写用のパターンの像を感光基板上に投影する投影露光方法において、前記転写用のパターンを空間周波数成分の方向に応じて複数の部分パターンに分解し、該複数の部分パターンのそれぞれを照明する前記照明光を対応する前記部分パターンの空間周波数成分が存在する方向に垂直な方向に偏光させ、該偏光状態の照明光のもとで前記複数の部分パターンの像を順次前記感光基板上に投影する事を特徴とする投影露光方法。

【請求項2】 転写用のパターンが形成されたマスクを照明光で照明する照明光学系と、前記照明光のもとで前記マスクの転写用のパターンの像を感光基板上に投影する投影光学系とを有する投影露光装置において、前記マスクの転写用のパターンの空間周波数成分が存在する方向に垂直な方向に前記照明光を偏光させる偏光状態制御手段を設けた事を特徴とする投影露光装置。

【請求項3】 前記照明光学系中に配置され、前記照明光による前記感光基板上の積算露光エネルギーを計測する露光量検出手段と、前記偏光状態制御手段により設定された前記照明光の偏光状態に応じて、前記露光量検出手段の検出信号と前記感光基板上の積算露光エネルギーとの換算係数を変更する演算手段とを有する事を特徴とする請求項2記載の投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、例えば微細なパターンよりなる半導体集積回路等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に使用される投影露光方法及び投影露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ技術を用いて製造する際に、フォトマスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）のパターンを感光基板上に転写する投影露光装置が使用されている。斯かる投影露光装置においては、半導体素子等の高集積化に伴い、より微細なパターンを高解像度で焼き付けることが要求されている。これを実現する方法として最近は、レチクルのパターン構成の面からの提案と、照明光学系の構成の面からの提案とが行われている。

【0003】レチクルのパターン構成の面からの提案としては、特公昭62-50811号公報に開示されている位相シフトレチクル法がある。位相シフトレチクル法においては、レチクルのパターン領域に所定の規則で位相シフターが形成され、そのパターン領域の異なる透明

部からの光の干渉効果が利用される。この方法をライン・アンド・スペースパターンに応用すると基本的に0次回折光がなくなり、 $\pm 1$ 次回折光のみによる結像となり、同一の開口数の投影光学系でも従来のレチクルの場合よりも微細なライン・アンド・スペースパターンの像を高い解像度で焼き付けることができる。

【0004】また、より解像度を高めるための照明光学系の構成の面からの提案として、照明光学系を工夫して、微細なパターンを高い解像度で且つ比較的深い焦点深度で焼き付ける所謂変形光源法が本出願人により提案されている。変形光源法においては、光軸に対して偏心した複数の2次光源を形成することにより、レチクル上のパターンをパターンに応じて主光線が光軸に対して傾斜した照明光で照明している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記のように従来より解像度を高めるための種々の提案が行われているが、何れも照明光をスカラー量として考え、照明光の偏光状態と結像特性との関係についての具体的な検討は行われていなかった。即ち、上記の如き従来の技術においては、感光基板上のレジスト等の感光材の感光反応が光の電場ベクトルのみによって生じ、磁場ベクトルは寄与していないということが考慮されていなかった。従って、最適な結像特性を得るために考慮すべき条件が不足していたという不都合があった。

【0006】本発明は斯かる点に鑑み、照明光の偏光状態を考慮した場合に、より解像度を高めることができる投影露光方法を提供することを目的とする。また、本発明は、そのような投影露光方法を実施できる投影露光装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明による投影露光方法は、例えば図2に示す如く、転写用のパターン（19）が形成されたマスク（R）を照明光で照明し、この照明光のもとでそのマスクの転写用のパターンの像を感光基板上に投影する投影露光方法において、転写用のパターン（19）を空間周波数成分の方向に応じて複数の部分パターン（21，23）に分解し、複数の部分パターン（21，23）のそれぞれを照明するその照明光を対応する部分パターン（21，23）の空間周波数成分が存在する方向（Y方向、X方向）に垂直な方向（X方向、Y方向）に偏光させ、この偏光状態の照明光のもとで複数の部分パターン（21，23）の像を順次その感光基板上に投影するようにしたものである。

【0008】また、本発明による投影露光装置は、例えば図1に示す如く、転写用のパターンが形成されたマスク（R1）を照明光で照明する照明光学系（6，7，9，11，12）と、その照明光のもとでマスク（R1）の転写用のパターンの像を感光基板（W）上に投影する投影光学系（13）とを有する投影露光装置におい

て、マスク（R1）の転写用のパターン空間周波数成分が存在する方向に垂直な方向にその照明光を偏光させる偏光状態制御手段（8，16，17）を設けたものである。

【0009】また、その投影露光装置において、その照明光学系中に、その照明光による感光基板（W）上の積算露光エネルギーを計測する露光量検出手段（10，14）を配置し、偏光状態制御手段（8，16，17）により設定されたその照明光の偏光状態に応じて、露光量検出手段（10，14）の検出信号と感光基板（W）上の積算露光エネルギーとの換算係数を変更する演算手段（16）を設けることが望ましい。

【0010】

【作用】斯かる本発明の投影露光方法によれば、先ず転写用のパターン（19）が空間周波数成分の方向に応じて複数の部分パターン（21，23）に分解され、複数の部分パターン（21，23）の像が感光基板上に多重露光される。この多重露光の際に複数の部分パターン（21，23）はそれぞれパターン形成面に沿って偏光している照明により照明される。一般に照明光は、照明光学系の光軸に対して傾斜している傾斜成分を有するが、その傾斜成分のパターン形成面での偏光方向（電場ベクトルの振動方向）もパターン形成面に沿った方向、即ちその傾斜成分の入射面に垂直な方向である。このように入射面に垂直な方向に偏光している光はS偏光であるため、本発明の照明光はパターン形成面においてS偏光となっている。

【0011】ここで、照明光がS偏光の場合とP偏光の場合とにおける結像特性の相違につき図4を参照して検討する。一般に、マスク上の転写用のパターンで回折された光が感光基板上で干渉することにより、その感光基板上にその転写用のパターンの像が結像される。

【0012】図4（a）は、感光基板（1）上でそれぞれ入射面に電場ベクトルが垂直なS偏光の2つの光束（2）及び（3）が干渉する状態を示し、図4（b）は、感光基板（1）上でそれぞれ入射面に電場ベクトルが平行なP偏光の2つの光束（4）及び（5）が干渉する状態を示す。また、光束（2）及び（3）の入射角の絶対値 $\theta$ 及び光束（4）及び（5）の入射角の絶対値 $\theta$ は互いに同一であるとする。この場合、図4（a）に示すように、S偏光の光束（2）及び（3）同士は感光基板（1）上で全ての振幅が干渉し合うが、図4（b）に示すように、P偏光の光束（4）及び（5）同士は感光基板（1）上で、部分的に干渉し合うだけである。即ち、光束（4）と光束（5）とがなす角は $2\theta$ であり、 $\theta$ が0の場合に対して、干渉効果は $\cos(2\theta)$ 倍になってしまう。従って、例えば入射角 $\theta$ が $45^\circ$ のときには、光束（4）及び光束（5）は互いに偏光方向が垂直となり干渉しない。そして、P偏光の光束（4）及び（5）の内で干渉に寄与しない成分は、結像光束として

は単なる直流成分となるため結像には有害である。

【0013】また、マスクのパターンを投影するための投影光学系の開口枚（NA）が大きい程、感光基板上に入射する光束の最大入射角が大きくなるため、照明光をP偏光にすると照明光の内で干渉に寄与しない成分の量が増えて解像度が悪くなる。これに対して、本発明での照明光はS偏光であるため、感光基板上に入射する光束の最大入射角が大きくなった場合でも、解像度が悪化することがない。また、輪帯照明や、2個の2次光源若しくは4個の2次光源等を使用する変形光源法で照明を行う際にも、感光基板上の照明光の最大入射角が大きくなるが、本発明によれば、照明光はS偏光であるため結像特性は悪化しない。

【0014】更に、本発明では、その照明光のS偏光の方向が、対応する部分パターン（21，23）の空間周波数成分が存在する方向に垂直な方向に設定される。これは、例えば図2の場合には、Y方向に所定間隔で形成された部分パターン（21）を照明する照明光の偏光方向はX方向であり、X方向に所定ピッチで形成された部分パターン（23）を照明する照明光の偏光方向はY方向であることを意味する。これにより、解像度がより向上する。

【0015】また、本発明の投影露光装置によれば、偏光状態制御手段（8，16，17）が設けられているので、上述の投影露光方法をそのまま実施することができる。また、その照明光による感光基板（W）上の積算露光エネルギーを計測する露光量検出手段（10，14）と、偏光状態制御手段（8，16，17）により設定されたその照明光の偏光状態に応じて、露光量検出手段（10，14）の検出信号と感光基板（W）上の積算露光エネルギーとの換算係数を変更する演算手段（16）とを設けた場合には、照明光の偏光状態に依らずに常に正確に感光基板（W）上の積算露光エネルギーをモニターできる。

【0016】

【実施例】以下、本発明の一実施例につき図1～図3を参照して説明する。図1は本実施例の投影露光装置を示し、この図1において、露光光源6としては水銀灯又はエキシマレーザー光源等を使用できる。電光光源6から射出された光ビームLB1は、ビームエキスパンダ等よりなる光ビーム整形手段7に入射し、この光ビーム整形手段7により後段のフライアイレンズ9に効率良く入射する形状に整形される。但し、本例では光ビーム整形手段7とフライアイレンズ9との間に偏光制御手段8が配置され、光ビーム整形手段7から射出された光ビームLB2は、偏光制御手段8を経てフライアイレンズ9に入射する。

【0017】偏光制御手段8は、入射する光ビームLB2の偏光状態を主制御系16に指示された方向への直線偏光に設定し、このように直線偏光にされた光ビームL

B 3をフライアイレンズ9に供給する。この実施例では、光ビームLB 3の偏光方法は、互いに直交する2方向の中で何れかに切り換えられる。偏光制御手段8としては、露光光源6が水銀灯のようなランダム偏光の照明光を射出する光源の場合には、例えば回転機構に支持された偏光板、又は交互に取り外しができる2枚の偏光方向が直交の偏光板等が使用できる。但し、ランダム偏光の照明光に対して偏光板を使用した場合、照明光の光量が半分に減衰する。

【0018】また、露光光源6が、スペクトル狭帯化素子としてグレーティングを使用しているエキシマレーザー光源のような直線偏光の照明光を射出する光源の場合、偏光制御手段8としては、例えば着脱式の1/2波長板、常時装着の1/2波長板又はファラデーローテータ等が使用できる。着脱式の1/2波長板を使用した場合には、1/2波長板の挿入時に偏光方向が90°回転させられ、常時挿入の1/2波長板を使用した場合には、1/2波長板を45°回転させて偏光方向が90°回転させられる。また、ファラデーローテータを使用した場合には、ファラデーローテータ内の磁場の強さを適切に制御して偏光方向を90°回転させてやればよい。また、露光光源6が楕円偏光か円偏光の照明光を射出する光源の場合には、偏光制御手段8としては、適切な角度に設置され円偏光等を直線偏光に変換する1/4波長板と、前述の1/2波長板又はファラデーローテータとを組み合わせ使用すればよい。

【0019】次に、フライアイレンズ9の後側（レチクル側）焦点面には多数の2次光源が形成され、これら2次光源からの光ビームはその一部がビームスプリッター10にて反射され、この反射された光ビームが光電変換素子よりなる露光量モニター14の受光面に入射する。露光量モニター14の光電変換信号は増幅器15を介して主制御系16に供給される。一方、ビームスプリッター10を透過した光ビームはミラー11で反射された後に、主コンデンサーレンズ12を経て均一な照度でレチクルR1を照明する。レチクルR1は、主制御系16からの指令によりレチクルR2と交換される。主制御系16は、レチクルの交換と同期して偏光制御手段8に偏光方向を90°回転するよう指示する。このように偏光方向が所定の方向に設定された光ビームのもとで、レチクルR1又はレチクルR2のパターンの像が投影光学系13を介してフォトレジストが塗布されたウエハW上に投影される。

【0020】ウエハW上への露光を行う際には、主制御系16は、露光量モニター14からの光電変換信号に基づいて露光光源6の発光動作を制御する。即ち、主制御系16は、露光光源6がエキシマレーザー光源である場合には、そのパルス発光のトリガー等を制御し、露光光源6が水銀灯である場合には、シャッターの開閉により発光の期間を制御する。これによりウエハW上の適正露

光量が確保される。主制御系16には、適正露光量等の露光に必要な情報が入出力装置17を介して入力される。また、主制御系16は、露光結果を必要に応じて入出力装置17の表示部に表示する。

【0021】また、偏光制御手段8により設定される偏光方向により、露光量モニター14の光電変換信号とウエハWが載置されているステージ上での実際の積算露光エネルギーとの換算係数が変化する場合もある。そこで、予め偏光制御手段8により設定される偏光方向とウエハWが設置されているステージ上での実際の積算露光エネルギーとの換算係数を、テーブル又は偏光方向の角度の関数として求めておき、このテーブル又は関数の形の換算係数を主制御系16に記憶させておく。この換算係数を用いて主制御系16は、レチクルR1又はR2の何れを用いる場合でも、露光量モニター14の光電変換信号に基づいてリアルタイムでウエハW上の正確な積算露光エネルギーを求めることができる。なお、使用するレチクルがレチクルR1及びR2の2個のみである場合には、換算係数として2個の換算係数を記憶しておき、使用するレチクルに応じてどちらかの換算係数を使用するだけで対応してもよい。

【0022】次に、本実施例の露光動作の一例につき説明する。この際に、ウエハW上に露光するパターンは、図2（a）に示すレチクルRに形成されたパターンであるとする。即ち、図2（a）において、レチクルR上のパターン領域には遮光部18の中に転写用の開口パターン19が形成されており、開口パターン19はX方向に所定ピッチで形成された開口パターンと、X方向に垂直なY方向に所定間隔で形成された開口パターンとの合成パターンである。

【0023】このとき、本例では、図2（a）の開口パターン19を、図2（b）に示すY方向に所定間隔で配置された開口パターン21a及び21bよりなる開口パターン21と、図2（c）に示すX方向に所定ピッチで配列された開口パターン23a～23eよりなる開口パターン23とに分割する。言い替えると、開口パターン19を、Y方向に空間周波数成分を有する開口パターン21とX方向に空間周波数成分を有する開口パターン23とに分割する。そして、レチクルR1のパターン領域の遮光部20の中に開口パターン21を形成し、レチクルR2のパターン領域の遮光部22の中に開口パターン23を形成する。

【0024】その後、先ず図2（a）のレチクルR1を図1の投影露光装置にセットして、主制御系16は偏光制御手段8を介して、レチクルR1を照明する光ビームの偏光方向をX方向に設定する。この結果、図3に示すように、Y方向に所定間隔で配置された開口パターン21a及び21bよりなる開口パターン21を照明する光ビームの照明領域24の全領域において、光ビームの偏光方向D1は一律にそのY方向に垂直なX方向に設定さ

れる。この偏光状態の光ビームのもとで、レチクルR 1の開口パターン2 1の像がウエハW上に露光される。この際に、ウエハW上の照明光（光ビーム）はS偏光であると共に、露光されるパターン空間周波数成分を有する方向に垂直な方向に偏光している。従って、その開口パターン2 1の像は高い解像度でウエハW上に露光される。

【0025】次に、図2（c）のレチクルR 2を図1の投影露光装置にセットして、主制御系1 6は偏光制御手段8を介して、レチクルR 2を照明する光ビームの偏光方向をY方向に設定する。この結果、X方向に所定間隔で配置された開口パターン2 3 a～2 3 eよりなる開口パターン2 3を照明する光ビームの照明領域の全領域において、光ビームの偏光方向は一律にそのX方向に垂直なY方向に設定される。この偏光状態の光ビームのもとで、レチクルR 2の開口パターン2 3の像が、ウエハW上のレチクルR 1の像の上に重ねて露光される。この際に、ウエハW上の照明光（光ビーム）はS偏光であると共に、露光されるパターン空間周波数成分を有する方向に垂直な方向に偏光している。従って、その開口パターン2 3の像も高い解像度でウエハW上に露光される。このように2重露光により、実質的に図2（a）のレチクルRの開口パターン1 9の像がウエハW上に高い解像度で露光される。

【0026】この際に、ウエハW上のフォトレジストがポジレジストの場合には、或る光量以上の照明光の照射領域にて、現像後にそのフォトレジストが剥離される。また、フォトレジストがネガレジストの場合には、或る光量以上の照明光の照射領域のみで、現像後にそのフォトレジストが残される。また、レチクルR 1の開口パターン2 1及びレチクルR 2の開口パターン2 3により重ねて露光される共通照射パターン領域、即ち、図2

（a）の開口パターン1 9中の領域1 9 aの像の投影領域では、照射光量が他の照射領域の2倍になる。しかしながら、ポジレジストを用いる場合には、その共通照射パターン領域のフォトレジストは他の照射領域と同様に現像後に剥離され、ネガレジストを用いる場合には、その共通照射パターン領域のフォトレジストは他の照射領域と同様に現像後に残され、何れの場合でも現像後のレジスト像に歪等は生じない。

【0027】なお、図1においては、偏光制御手段8は光ビーム整形手段7とフライアイレンズ9との間に配置されているが、偏光制御手段8は露光光源6からレチクルR 1又はR 2までのどこに配置しても構わない。但し、光ビームがほぼ平行な領域に配置した方が、偏光制御手段8へ入射する光ビームの入射角がほぼ一定になるため偏光制御がしやすい。

【0028】また、転写対象とするパターンが図2

（a）に示すように2方向にのみ空間周波数成分を有する開口パターン1 9である場合には、2個のレチクルR

1及びR 2のパターンをウエハ上に2重露光するだけで済んでいる。しかしながら、転写対象とするパターンが3方向以上の空間周波数成分を有する場合には、そのパターンを3個以上のレチクルのパターンに分割し、各レチクルのパターンをそれぞれ空間周波数成分を有する方向に垂直な方向に偏光した照明光のもとで順次ウエハ上に露光すればよい。

【0029】また、上述実施例ではレチクル上のパターンを2つの部分パターンに分けて、これら部分パターンを夫々異なるレチクルR 1及びR 2上に形成し、これらレチクルのパターンを時系列的に露光していた。しかしながら、レチクル上のパターンの方向性が領域毎に異なる場合には、これら異なる領域のパターン（部分パターン）を夫々異なるレチクルに形成する必要はない。そして、夫々視野絞り（レチクルブラインド）を有する照明光学系を複数組設けて、そのレチクル上の異なる領域の複数の部分パターンを対応する照明光学系により夫々偏光状態を設定して独立に照明することにより、複数の部分パターンを同時に露光できる。なお、本発明は上述実施例に限定されず本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。

【0030】

【発明の効果】本発明の投影露光方法によれば、感光基板上の結像に寄与する照明光として、転写パターン像の空間周波数成分が存在する方向に垂直な方向に偏光したS偏光成分が使用され、P偏光成分が極力少なくされているので、解像度を高めることができる利点がある。

【0031】また、本発明の投影露光装置によれば、偏光状態制御手段が設けられているので、上述の投影露光方法をそのまま実施することができる。また、照明光による感光基板上の積算露光エネルギーを計測する露光量検出手段と、その偏光状態制御手段により設定されたその照明光の偏光状態に応じて、その露光量検出手段の検出信号と感光基板上の積算露光エネルギーとの換算係数を変更する演算手段とを設けた場合には、照明光の偏光状態に依らずに常に正確に感光基板上の積算露光エネルギーをモニターできる利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の投影露光装置を示す構成図である。

【図2】（a）は転写対象とするパターンが形成されたレチクルを示す平面図、（b）はそのパターンの一方方向の空間周波数成分が形成されたレチクルを示す平面図、（c）はそのパターンの他の方向の空間周波数成分が形成されたレチクルを示す平面図である。

【図3】その実施例におけるレチクル上のパターンと照明光の偏光方向との関係の説明図である。

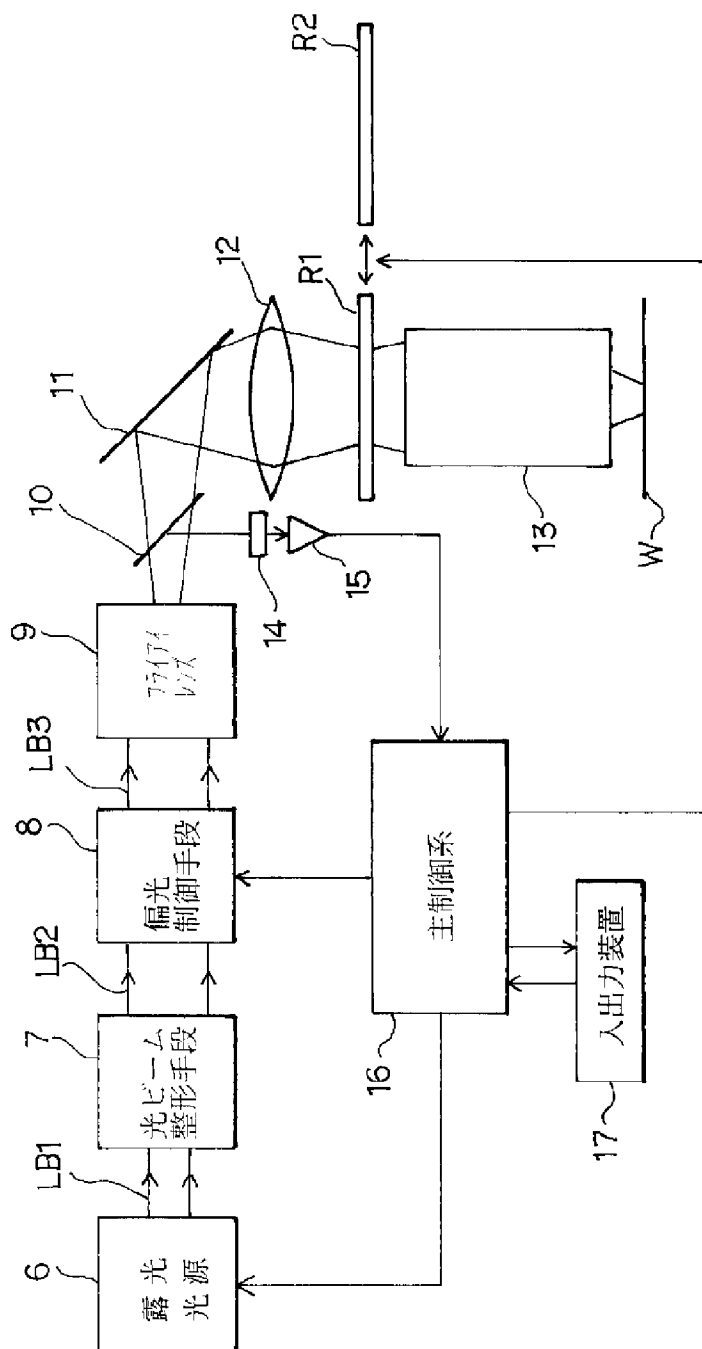
【図4】本発明の原理説明図であり、（a）はS偏光の光束による結像の説明図、（b）はP偏光の光束による結像の説明図である。

【符号の説明】

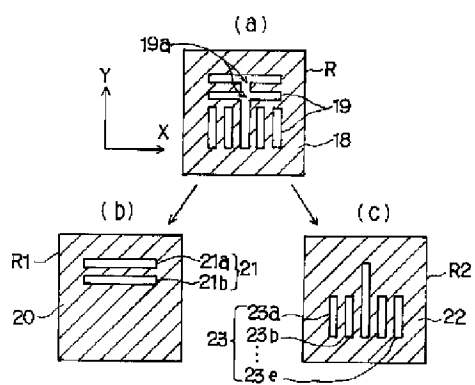
6 露光光源  
8 偏光制御手段  
12 主コンデンサーレンズ  
13 投影光学系

14 露光量モニター  
16 主制御系  
R1, R2 レチクル  
W ウェハ

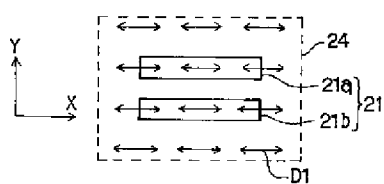
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

